栗田子郎*：日本産ハナヤスリ科胞子外膜彫紋の走査型電子顕微鏡による研究 (2)**

Siro Kurita*: Studies on the spore coat ornamentation of Japanese Ophioglossaceae by scanning electron microscope (2)

6.　コヒロハハナヤスリ　*O. petiolatum* Hook.

我孫子産の胞子の大きさは M=38.4 μm, S=2.1 μm であった。彫紋はコハナヤスリやチャボハナヤスリなどのそれと基本的には同一である。だが向心極面の lumina は比較的大きく，直径 2 μm から 3 μm のものが多く，かつ muri の隆起が大きいため lumina は深い擂鉢状となる（図6—1）。酸解処理後の向心極面観はトネハナヤスリのそれと大変よく似ているが，ridge に残る顆粒の量が多い（図6—4）。条溝は長さ 10 μm〜12 μm，幅 1 μm〜2 μm，高さ約 1.5 μm である。側面および遠心極面の彫紋もコハナヤスリなどと良く似ているが，muri の幅が 1 μm から 2 μm もあり，しかも ridge が高く，lumen は深い擂鉢状になるなどの点で異なる。トネハナヤスリにみられた高原状の平坦部は形成されない（図6—2・3，図5—7）。したがって，酸解処理後の彫紋はコハナヤスリやトネハナヤスリなどとは異なるものとなる（図6—6，図5—8）が，ridge に残る顆粒 0.2 μm は直 0.5 μm 径からである。凹所底部の小孔の密度は 25(±5)/100 $\mu\mathrm{m}^2$ である。

7.　サクラジマハナヤスリ　*O. kawamurae* Tagawa

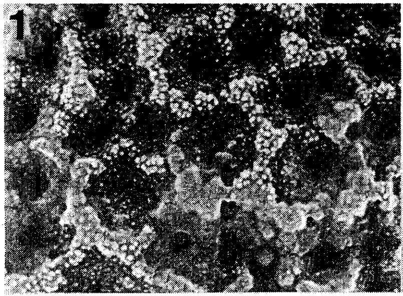
EAA 液中に40年以上も浸されていた胞子の外膜構造が乾燥状態で放置されたものと比べどう変化するかは不明だが，コヒロハバナヤスリの胞子を14日間 FAA 液に浸したものや，90°C〜100°C の FAA 液中で20分間処理したものが，無処理のものとさほど変らず，酸解処理で消える微顆粒もほとんど残っているところをみると，スポロポレニンを主な構成成分とする基礎構造は変化せずに残るとみてよいだろう。

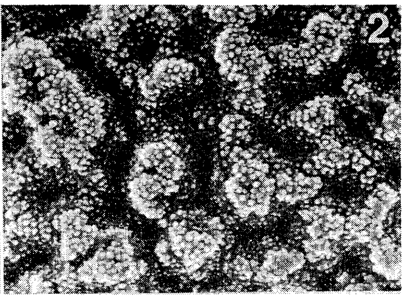
採取した胞子の大きさは M=33.7 μm, S=2.3 μm であった。長さ約 9 μm，幅約 1 μm，高さ約 1 μmの条溝でほぼ3等分割されている向心極面は滑らかで，直径 2 μm 以内の浅い擂鉢状凹所が点在するのみだが，その外縁は幅が 10 μm にも達する muri となっている（図7—1）。側面と遠心極面は酸解処理後のオオハナヤスリのそれに似ているが，外膜は滑らかで，muri の幅はオオハナヤスリのそれをしのぐ。幅 4 μm から 5 μm の瘤状に隆起した muri の間を幅 2 μm ほどの muri がつなぎ，最大 50 $\mu\mathrm{m}^2$

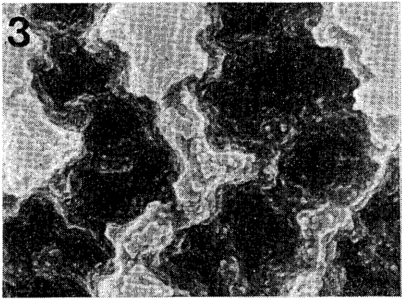
---

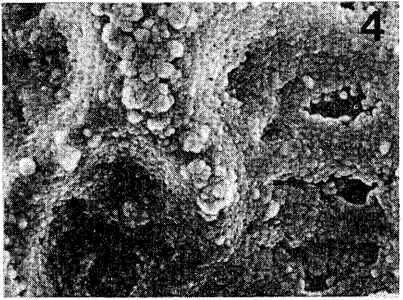
* 千葉大学理学部生物学教室系統学研究室. Laboratory of Phylogenetic Botany, Faculty of Science, Chiba University, Chiba.

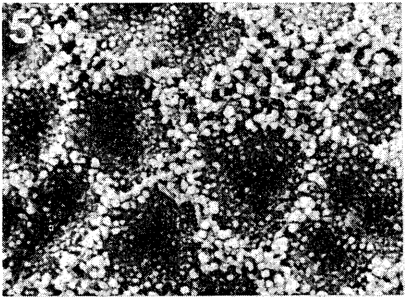
** 本研究の一部は文部省科学研究費補助金 No. 554219 によってなされた。千葉大・理・生物・系統学研究室業績番号 80.

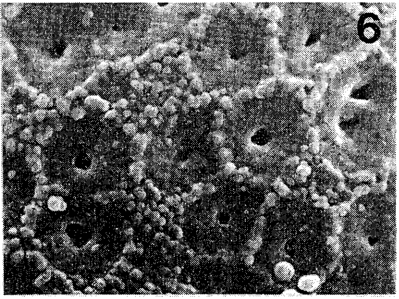

1

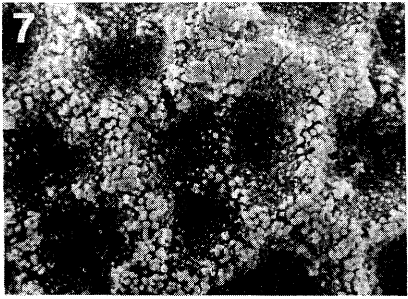

2

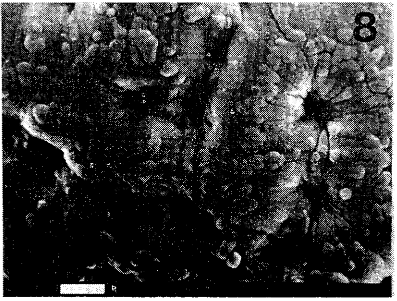

3


4


5


6


7


8

にも達する lumen が形成される。さらにこの lumen 内には幅1μmほどの低い muri が1ないし2本走る（図7―2～4）。したがって，第一次の lumina の広さは普通15 μm^2 から 20 μm^2 ほどである。この lumina の底部には通常2個以上の直径 0.2μm ほどの小孔がある。

Sahashi (1980) が，胞子と造胞体の形態の研究から，サクラジマハナヤスリであると同定した青ヶ島産の胞子を図10―1～4に示した。この胞子は M=33.4μm, 9=1.4μm であった。土居氏の採集したサクラジマハナヤスリと一見似てはいるが，これに比べ外形の凹凸が少なく，muri が均等に発達しており，一定面積内の lumen の数が多い。つまり網目としては細かくみえる。muri の表面には直径 0.1μm から 0.4μm ほどの顆粒が付着し，凹所の斜面や底部にも少量ながら同じ顆粒が認められた（図7―4）。

8.　コブラン　*O. pendulum* (L.) Pr.

胞子の大きさは M=36.6μm，S=1.6μm であった。酸解処理をほどこさない胞子では，向心極面は基本的には foveolate と思われるものの，表面に沈着している物質によりほとんど凹所が埋められており，ゆるやかな凹凸があるのみである（図6―7）。側面および遠心極面は foveo-reticulate であるが，muri がほとんど隆起しないため外形は滑円形である。したがって，muri の幅は 2μm ほどあるものの rumen は小さく，直径 1μm に達することはほとんどない（図6―8，9；図8―1）。直径 0.1μm ないし 0.2μm の顆粒は非顆粒状物質により半ば埋め込まれているため，表面は滑らかにみえる。酸解処理をほどこすと典型的な foreolate となり，表層の小顆粒はほとんど消失する（図6―4～6；図8―2）。遠心極面に散在する小孔の分布密度は21(±3)/100 μm^2 であった。

考　察　光学顕微鏡のレベルでの胞子形態の研究では，まず Hara (1934) によりオオハナヤスリが他種と区別され，次いで Nishida (1959) がコヒロハハナヤスリとハマハナヤスリも区別し得ることを示した。その後，Sahashi (1969) も Hara と Nishida の発見事実を再確認し，さらにサクラジマハナヤスリの胞子がオオハナヤスリのそれと同等の荒い網目状構造を示すことを明らかにした。また彼は，同一種の胞子の大きさが産地により異なる例のあることを示したが，これは Kurita and Nishida (1965) も細胞学的知見から示唆したところである。外国においても，同様の研究が多くの人達により報告されているのはすでにのべたとうりである。

一方，走査型電子顕微鏡によるハナヤスリ科の胞子の外膜彫紋の研究は近年緒についたばかりであり，わずかに Erdtman (1973) や Sahashi (1980) や Nishida and

Fig. 5. Spore coat ornamentation of distal face. White bar indicates 1 μm. 1, 2. Two types of ornamentation of the spores of a spike of *O. thermale* var. *thermale*. Naturally air dried. 3. *O. vulgatum*. Naturally air dried. 4. *O. vulgatum*. Acetolyzed and air dried. 5. *O. namegatae*. Naturally air dried. 6. *O. namegatae*. Acetolyzed and air dried. 7. *O. petiolatum*. Naturally air dried. 8. *O. petiolatum*. Acetolyzed and air dried.

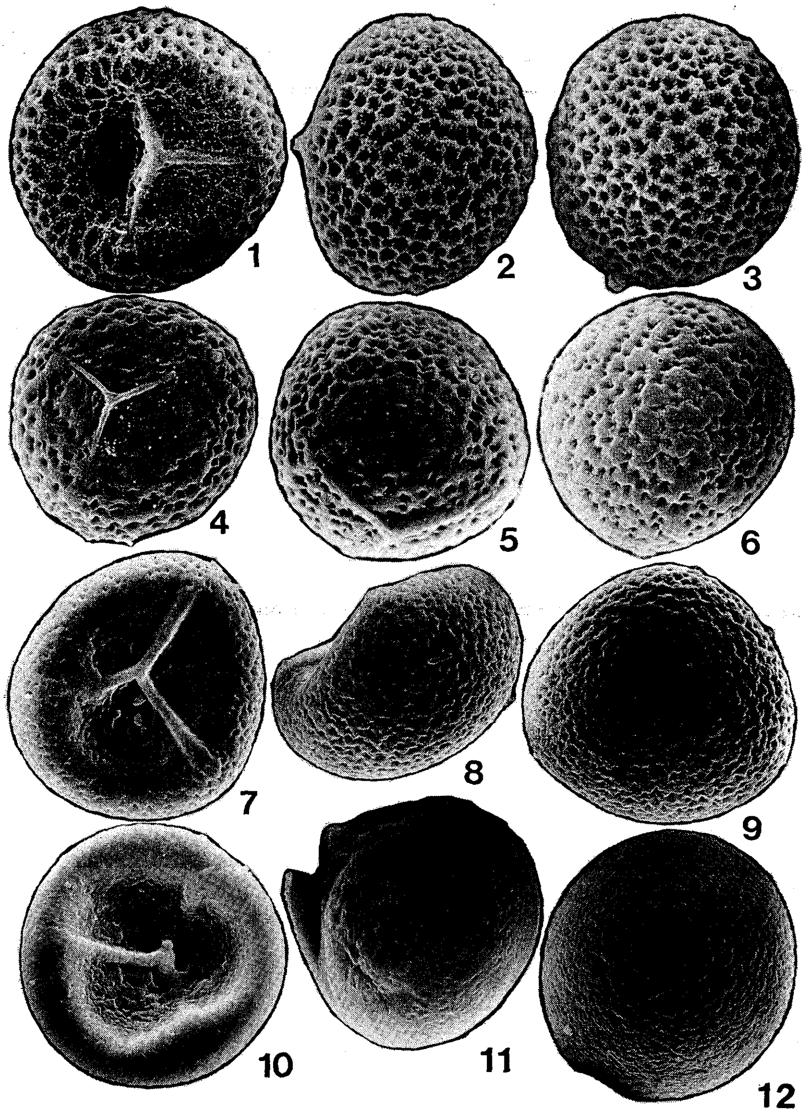


Fig. 6. Spores of *O. petiolatum* (1–6) and *Ophioderma pendulum* (7–12). 1–3, 7–9: Naturally air dried spores. 4–6, 10–12: Acetolyzed spores. All figs. ×1174.

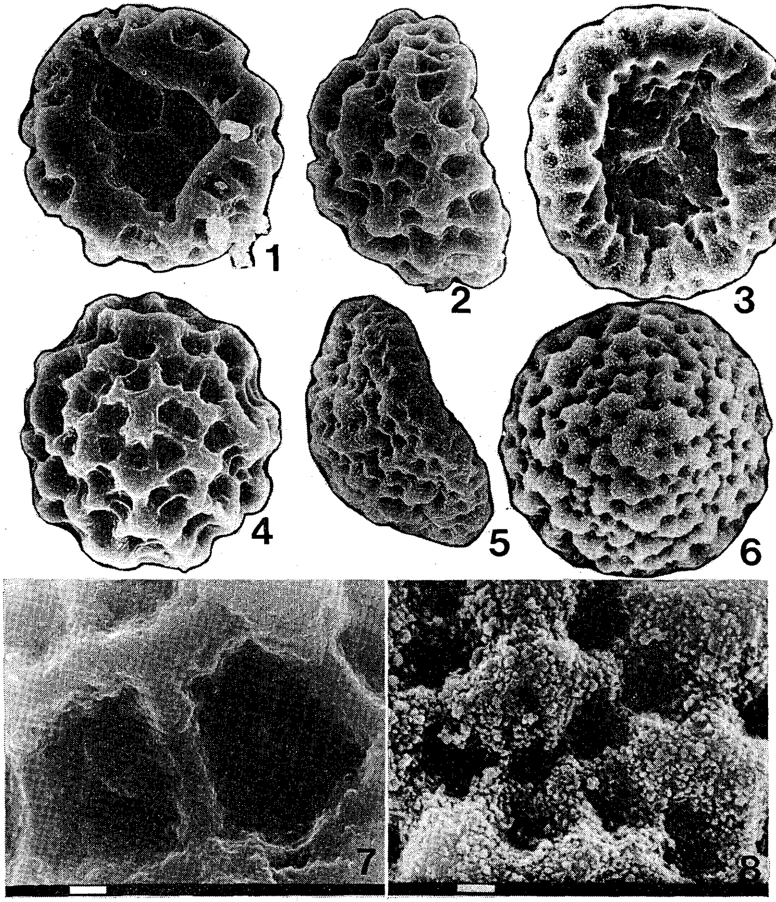


Fig. 7. Spores of *O. kawamurae* from Sakurajima, Kagoshima Pref. (1, 2, 4, 7) and "*O. kawamurae*" sens Sahashi from Isl. Aogashima, Tokyo (3, 5, 6, 8). Figs. 1, 2, 4: ×1080; figs. 3, 5, 6: ×1174. White bars in 7 and 8 indicate 10 μm.

Kurita (1980) の断片的な報告があるにすぎない。したがって，変異の問題までを含めての総合的研究はこの論文が最初であろう。

まず胞子の大きさであるが，これは全体的に見たときには種の判定の基準にはなり得なかった。しかし，トネハナヤスリは同じ4倍体のレベルにあるコハナヤスリやオオハナヤスリと比較した場合はむろんのこと，2倍体のチャボハナヤスリと比較してすら明らかに小型といえる胞子を生産するので，これはこの種の特徴といえよう。

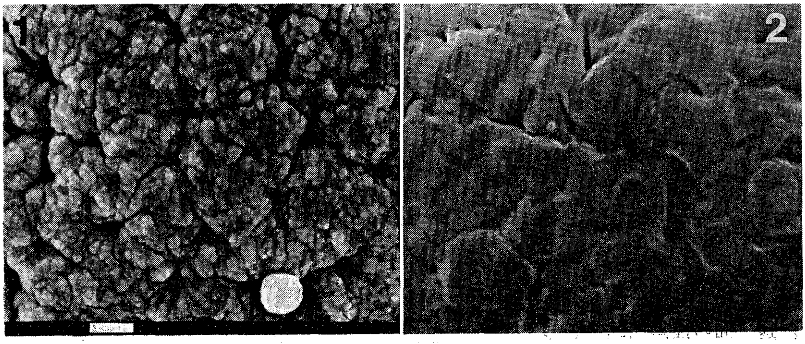


Fig. 8. Spore coat ornamentation of distal face of *O. pendulum*. 1. Naturally air dried surface. 2. Acetolyzed and air dried surface. White bar = 1 μm.

次に彫紋飾の特徴を比較検討すると，日本産ハナヤスリ科のそれはほぼ次の3型に大別できる。

第一型はコブランにみられるものである。この型の彫紋はコハナヤスリの胞子外膜の発達過程（Kurita，投稿中）と比較すると，その4分子が単粒状態へと移行した直後の彫紋と類似している。いわば，幼態成熟型である。

第二型はオオハナヤスリとサクラジマハナヤスリにみられるものである。だが，40年にもおよぶ長期間にわたる FAA 処理が酸解と同様の結果をもたらすと仮定したうえで，個々の形質を比較すると，基本的と思われる諸点でオオハナヤスリとサクラジマハナヤ

Tab. I. Some measurable characters of spores of Ophioglossaceae.

Species	Size of spore (μm) M	S	Width of muri at distal face (μm)	Maximum diameter of lumen at distal face (μm)	Number of pits at distal face per 100 μm
O. parvum	31.0	2.3	0.4-1.0	1.5	60 (±10)
O. thermale var. *thermale*	35.8	1.5	0.3-1.0	2.0	40 (±10)
O. thermale var. *nipponicum*	37.2	1.8	0.3-1.0	2.0	40 (±10)
O. petiolatum	38.4	2.1	1.0-2.0	3.0	25 (± 5)
O. namegatae	26.5	1.8	0.4-0.8	3.0	20 (± 5)
O. vulgatum	34.1	1.8	0.2-2.5	8.0	8 (± 3)
O. kawamurae	33.7	2.3	1.0-5.0	8.0	11 (± 4)
O. kawamurae sensu Sahashi	33.4	1.4	1.0-4.0	3.6	15 (± 5)
O. pendulum	36.6	1.6	1.5-2.0	1.0	21 (± 3)

スリは明確に区別し得る。青ヶ島産の個体の胞子がサクラジマハナヤスリのそれと同一か否かは試料がとぼしく，同一処理をした上での比較ができなかったので断定できない。両者間にみられた lumen の大きさの差が，個体変異の範囲内かどうかを今後充分に検討しなければ，胞子の形質からは同種か否かの判定はできないであろう。

第三型はチャボハナヤスリ，コハナヤスリ，ハマハナヤスリ，コヒロハハナヤスリおよびトネハナヤスリにみられるものである。この型に属する胞子は無処理の状態で観察するのみでは種の識別が容易ではない。ことに母種，変種の関係に置かれるハマハナヤスリとコハナヤスリは酸解処理後においても区別し得ない。しかし，その他の種はすでにのべたように，注意深く比較すれば，いくつかの形質の組合せにおいて互に識別し得る。遠心面の擂鉢状凹所底部の小孔の分布密度には変異があるものの，その平均値をとるとそれぞれの種ごとのモードがある。この数値を記録することは，網目模様が荒い細かいという表現をするより客観的であろう。

このように外膜彫紋は，その変異の幅を把握することができれば，種レベルでの分類形質として使えるものである。酸解処理によって消失する外膜表層の微小顆粒は，主に4分子期に発達していた周皮に由来するが（Kurita，投稿中），これを失なった外膜彫紋もそれぞれの種の特徴を示すので，酸解処理後の胞子と無処理のそれとの比較は今後のこの分野の研究に不可欠であろう。

本研究を進める過程において，パリノロジー関係の用語について様々な御助言をいただいた東北大学教養部の相馬寛吉教授に深く感謝します。

また，本研究についていろいろと御助言をいただいたばかりか，サクラジマハナヤスリの貴重な標本を提供くださった千葉大学理学部の西田試教授と伊豆青ヶ島産の個体をくださった東邦大学薬学部の佐橋紀男氏にも心からの謝意を表します。

Summary

The spore coat ornamentation of seven species and one variety of the Japanese Ophioglossaceae were studied by scanning electron microscope (SEM); the spores for this study were collected from living plants and/or herbarium specimens, except for *Ophioglossum kawamurae* in which the spores were collected from a specimen preserved in FAA for 40 years.

Under SEM the spores of this family are generally sphere with the coat densely covered with numerous craters; there are very delicate, specific differences in their shape, width, depth, etc. (cf. Figs. 1-8). In the center of each crater, usually there is one small pit which does not perforate the spore wall. The diameter of the pit is less than 1 μm in the most species. Furthermore, there are many, very small granules of 0.25 μm or less in diameter on

the spore coat surface of every species. Most of this fine granules were melt away by acetolysis as shown in Fig. 1-8. Some other measurable characters of spores are summarised in Table 1. It was concluded that the spore coat ornamentation is an effective character for taxonomy of the Ophioglossaceae.

References

Clausen, R.T. 1938. Mem. Torrey Bot. Club. **19**: 1-192. Erdtman, G. 1960. Sv. Bot. Tidskr. **54**: 561-564. —— and Sorsa, P. 1973. Pollen and Spore Morphology/Plant Taxonomy. **4**. Almqvist and Winsell, Stockholm. Goswami, H.K. and Khandelwal, S. 1973. Ind. Bot. Soc. **52**: 206-213. Hara, H. 1934. Bot. Mag. Tokyo. **48**: 689. Knox, E.M. 1951. Trans. Bot. Soc. Edin. **35**: 437-449. Kremp, G.O.W. 1965. Morphologic encyclopedia of palinology. Univ. Arizona Press. Kurita, S. and Nishida, M. 1965. Bot. Mag. Tokyo. **78**: 461-473. Mahabare, T.S. 1962. Bull. Bot. Surv. India **4**: 71-84. Nishida, M. 1959. Journ. Jap. Bot. **34**: 33-47. —— and Kurita, S. 1980. Journ. Jap. Bot. **55**: 105-113. Panigrahi, G. and Dixit, R.D. 1969. Proc. Nat. Inst. Sci. India **35**: 230-266. Pant, D.D. and Khare, P.K. 1971. Geophytology **1**: 48-53. —— and Misra, D.R. 1975. Phytomorphology. Silv. Jub. Vol.: 465-470. Plantle, K. 1884. Jahrb. Bot. Gart. Berlin **3**: 297-350. Radoford, A.E. et al. 1974. Vascular plant systematics. Happer and Row. Publ., London. Sahashi, N. 1969. Journ, Jap. Bot. **44**: 48-53. ——. 1977. Nippon Shidagakkai Kaiho **48**: 2-3. ——. 1980. Journ. Jap. Bot. **55**: 73-80. Verma, S.C. 1958. Acta Botanica Neerlandica **7**: 629-634.

□Hickey, M. & C.J. King: **100 Families of flowering plants.** 567 pp. 1981. Cambridge Univ. Press, London. ¥6,000. 双子葉類83，単子葉類17，合計100の科を選び，科の間の関連を説明するのを目的としている。各科について一般的特徴，科内の分類，おもな属，分布などを解説した第1部と，各科の代表的な種（大きな科では2種以上）について花の構造を詳しく図解した第2部とから成り立っている。線画の図解は多くの部分図からできているが，いずれも生の花から描いたということでよく描けている。著者はケンブリッジ大学植物園の人だけに選んだ科や属は日本になじみの深いものばかりである。おもに学生を対象としているらしいが，このような本の少ないわが国では分類を講義したり実験を指導する人にとって手ごろな参考資料になると思う。

（伊藤　洋）